

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПОДСИСТЕМА ШПИНДЕЛЯ ИНСТРУМЕНТА ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЭЛЕКТРОННЫМИ КИНЕМАТИЧЕСКИМИ СВЯЗЯМИ

Асс. Коршунов О.С., ст. преп. Алещенко Б.Ф., асс. Буравцов А.Л. (ВГТУ)

Зубофрезерные станки, у которых формообразующие движения обеспечиваются отдельными электроприводами, а их связь осуществляется электронной системой, являются качественно новым типом оборудования, характеристики которого (точность, производительность, гибкость и др.) значительно выше, чем у станков с механическими связями. В мировом станкостроении доля зубофрезерных станков с электронной системой кинематических связей неуклонно возрастает, однако промышленный выпуск этих станков до настоящего времени не освоен в странах СНГ. Препятствием к этому является трудность создания цепи формообразования эвольвенты, в связи с высокими требованиями, предъявляемыми к точности этой цепи, работающей в условиях ударных нагрузок. Так, для станков класса точности "В" погрешность синхронизации вращения заготовки и инструмента составляет " ± 5 ", а для станка класса "П" — " ± 8 ".

Одной из подсистем цепи формообразования является механическая подсистема шпинделя инструмента. Механическая подсистема шпинделя, в свою очередь, состоит из двух подсистем: кинематической структуры координаты С (координата вращения червячной фрезы) и кинематической структуры внешней цепи (под кинематической структурой, в общем случае, будем понимать подсистему, состоящую из привода, кинематической цепи и датчика).

Кинематическая структура координаты С включает в себя задающий датчик (ДС) и кинематическую цепь, передающую вращение от шпинделя к датчику, а кинематическая система внешней цепи — привод фрезы и кинематическую цепь, передающую мощность на червячную фрезу.

Анализ кинематической точности по координате С позволили сделать вывод, что для станка класса точности "В" задающий датчик должен быть расположен или прямо на шпинделе инструмента (датчик-кольцо) или на втором валу через передачу

$$i = 35/25$$

4-ой степени точности с доработкой ее кинематической погрешности до $F = 35''$. В первом случае погрешность кинематической структуры равна только погрешности датчика, которая может составлять до $40''$, однако, для реализации этого варианта необходим специальный датчик, обеспечивающий 144000 импульсов на оборот шпинделя, кроме того, возникают технические трудности с установкой датчика и его регулировкой. Во втором случае датчик должен генерировать 40000 им/об и его погрешность (вместе с соединительной муфтой) не должна быть более $15''$. Для станка класса точности "П", ошибка кинематической структуры, приведенная к шпинделю, не должна быть больше $120''$.

Варианты кинематической структуры внешней цепи при установке двигателя электропривода первичной фрезы на различных корпусных деталях станка приведены на рис. 1. Двигатель может располагаться:

- 1) на передней стойке (рис. 1,а);
- 2) на салазках суппорта (рис. 1,б);
- 3) на суппорте (рис. 1,в);
- 4) на каретке суппорта (рис. 1,г).

При этом видно, что варианты 2 и 3 имеют практически одинаковую структуру и вариант 3 из анализа можно исключить. При установке в качестве привода фрезы электропривода ЭПБ-2, передаточное отношение внешней цепи должно составлять $1/10$. Крутильная жесткость вариантов при диаметре шпинделя 100мм и диаметре промежуточных валов 40...70мм составляет:

- для варианта а - $3,7 \times 10^5$ Нм/раб;
- для вариантов б, в - $4,2 \times 10^5$ Нм/раб;
- для варианта г - $5,3 \times 10^5$ Нм/раб.

Анализ крутильных колебаний, возникающих в КС-ВЦ при воздействии момента резания, показал, что уровень колебаний шпинделя составляет:

- для варианта а - $340''/50''$;
- для варианта б - $300''/50''$;
- для варианта г - $240''/40''$;

(в числителе приведены данные при черновой нагрузке, в знаменателе - при чистовой).

Уровень крутильных колебаний на промежуточных валах составляет 200"...450"/30"...75".

Анализируя полученные результаты видно, что если при обработке на чистовых режимах уровень колебаний, воздействующих на задающий датчик, находится в пределах допуска, то при обработке на черновых режимах - он в несколько раз больше. Для ограничения колебаний задающего датчика на этих режимах необходимо поместить датчик под защиту маховика, а маховик расположить между двигателем и понижающими передачами для уменьшения амплитуды воздействующих на него пульсаций момента резания.

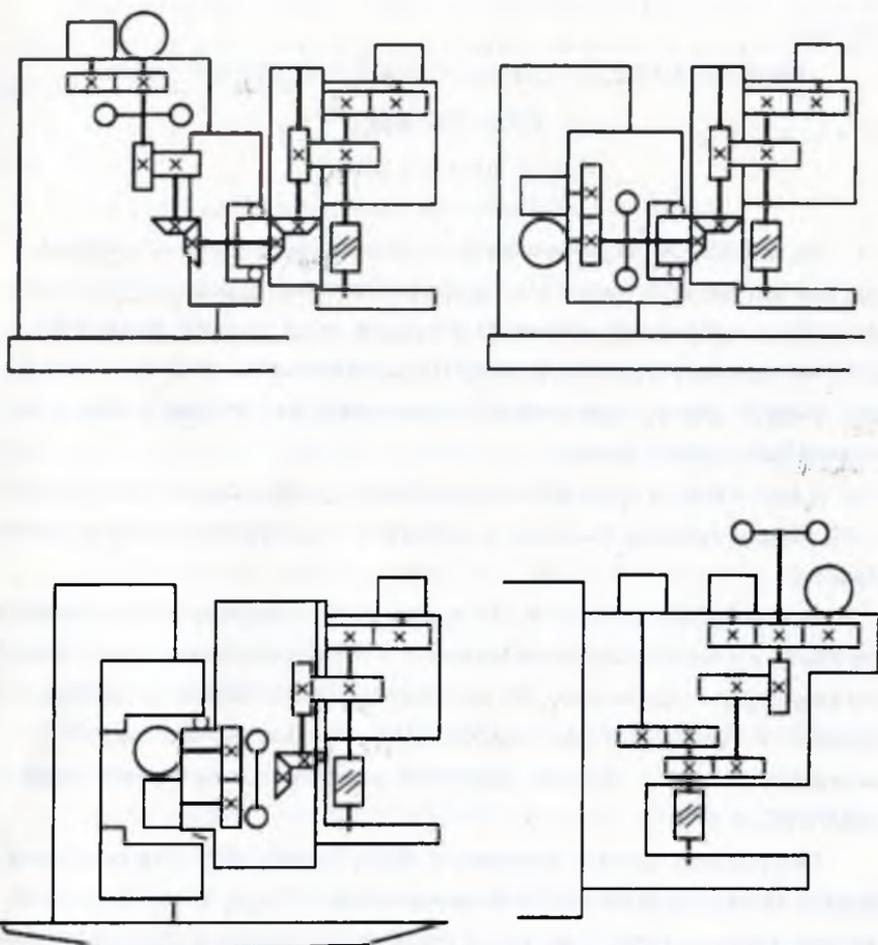
В этом случае маховик с моментом инерции $J = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ уменьшает уровень колебаний до величины, сравнимой с колебаниями на чистовых режимах.

При такой структуре механической подсистемы кинематические структуры координаты С и внешней цепи частично совпадают. Анализ кинематической точности совпадающего участка показал, что его погрешность (при использовании предшпиндельной пары 4-ой степени точности, а промежуточных передач - 5-ой) составляет:

- для варианта а - 211";
- для варианта б - 145";
- для варианта г - 110".

Опираясь на приведенные исследования, можно сделать следующие выводы:

- 1) для прецизионного варианта системы, работающего на чистовых режимах, задающий датчик DC должен быть помещен или прямо на шпинделе, или на втором валу через прецизионную передачу, с параметрами, описанными выше.
- 2) для производственного варианта системы, работающего на черновых режимах, датчик должен быть внесен под защиту маховика.



Варианты механической подсистемы (МП) шпинделя инструмента (ШИ)

- а)- с двигателем на передней стойке б)- с двигателем на салазках суппорта
 в)- с двигателем на суппорте г)- с двигателем на каретке суппорта

3) для станков с электронной схемой кинематических связей, в связи с более высокой точностью и жесткостью, можно рекомендовать вариант механической подсистемы шпинделя с установкой двигателя на каретке суппорта, т.к. этот вариант обладает следующими преимуществами: величина тангенциальной передвигки каретки суппорта неограничена элементами кинематической цепи; повышенная жесткость суппорта и передней стойки за счет отсутствия окон в этих деталях; менее трудоемкая сборка.